УДК 502.7

ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ В БИОГЕОЦЕНОЗАХ В СВЯЗИ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ БИОСФЕРЫ

А. П. Федоренко

(Институт зоологии АН УССР)

С первых дней существования страны Советов Коммунистическая партия и Советское правительство проявляли заботу об охране природной среды. Достаточно вспомнить подписанные В. И. Лениным декреты, касающиеся охраны природы, а также принятые Верховными Советами СССР и союзных республик законы об охране природы, соответствующие постановления правительств СССР и союзных республик. В Программе КПСС отмечена важность охраны природной среды для жизни людей нынешних и будущих поколений. В сентябре 1972 г. Верховный Совет СССР принял еще одно, очень важное, постановление — «О мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов», где подчеркнуто, что охрана природы является одной из важнейших общегосударственных задач и от ее решения зависит «...успешное выполнение народнохозяйственных планов, благосостояние нынешних и будущих поколений», а в январе 1973 г. ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли Постановление «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов», которым предусмотрена организация общегосударственной службы наблюдения и контроля за уровнем загрязнения атмосферного воздуха, воды, почвы и пр.

Социалистическая система хозяйства дает возможность в плановом порядке проводить мероприятия по рациональному использованию природных ресурсов и поддержанию чистоты окружающей среды. В 1970 г. в СССР для координации теоретических и прикладных исследований была создана межведомственная комиссия по проблеме «Человек и биосфера». Однако какие бы эффективные меры ни принимала наша страна, скажем, по очистке воздуха, акваторий морей и океанов, это не решит проблемы в мировом масштабе. Участники состоявшейся в 1968 г. в Париже межведомственной конференции экспертов по научным основам рационального использования и охраны ресурсов биосферы отмечали, что во всем мире ощущается загрязнение биосферы и что в ряде промышленных стран загрязнение воздуха, почвы и воды достигло, видимо, критического предела. Поэтому традиционные методы эксплуатации природных богатств должны быть изменены. Поскольку загрязнение биосферы носит уже глобальный характер, только усилием всех государств можно устранить нанесенный ей ущерб.

СССР инициатор многих международных мероприятий по охране природы. Советские ученые принимают участие в работе международных организаций и в конгрессах, симпозиумах, ассамблеях, посвященных охране биосферы. Общей комплексной программой предусмотрена разработка крупных мероприятий по охране природы странами — членами СЭВ. Ряд вопросов (карантин и защита растений, охрана вод и рыболовство и др.) решается СССР на двусторонней основе с соседними странами. В мае 1972 г. подписано соглашение о сотрудничестве в области охраны окружающей среды между СССР и США.

В настоящее время особую тревогу вызывает загрязнение водных бассейнов и грунтовых вод промышленными стоками, отходами предприятий коммунального хозяйства, пестицидами. Возникла серьезная угроза загрязнения мирового океана нефтепродуктами, радиоактивными веществами и пр. В значительной степени загрязнена атмосфера. По подсчетам Ф. Я. Шипунова (1971), различными предприятиями стран мира в атмосферу ежегодно выбрасывается намного больше газов (например, углекислоты), чем выделяется из мантии Земли. В значительной степени загрязнена и почва. Ежегодно в почву попадает большое количество пестицидов. По данным зарубежных авторов, одного только ДДТ до последнего времени в мире разбрасывалось до 50—60 тыс. тонн в год! Поэтому не удивительно, что в природной среде все время увеличивается количество ядовитых веществ. Темпы роста производства пока еще опережают темпы строительства очистных сооружений. Последствия очевидны: концентрация в почве и воде ядовитых веществ в некоторых местах нашей планеты достигла предельных величин.

Наличие в биосфере большого количества ядовитых веществ не может не вызвать нарушений в биогеоценозах, являющихся компонентами биосферы. Изменения происходят сначала на уровне отдельных организмов, затем на популяционном уровне, на уровне вида и, наконец, биогеоценоза. Причем на каждой последующей ступени изменения все усложняются, приобретают более разнообразные формы, нарушения становятся более глубокими и опасными.

Для успешной борьбы за чистоту биосферы необходимо детально изучить эти изменения на всех уровнях. Итак, начальным этапом нарушения равновесия в биогеоценозах является действие яда на отдельные организмы. В течение ряда лет мы изучали влияние пестицидов на теплокровных животных, в связи с чем наши обобщения и выводы будут базироваться в основном на данных именно об этой группе животных и об этом типе загрязнений.

Влияние пестицидов на животных может быть прямым (проникновение яда в организм через органы пищеварения, дыхания, кожу) и непрямым — вызванным изменением среды обитания (ухудшением кормовых условий, укрытий и пр.). Существует много работ, посвященных морфофизиологическим, биохимическим и другим нарушениям у подопытных теплокровных животных под воздействием различных химических препаратов. О влиянии ядов при остром и хроническом отравлениях, о действии различных доз препаратов, их накоплении в органах зверей и птиц и о других отрицательных последствиях мы уже сообщали (Федоренко, 1967; Федоренко, Антипчук, Рогатко, 1971 и др.). Теперь несколько подробнее рассмотрим вопрос о нарушениях, происходящих в популяциях некоторых групп теплокровных животных. Несмотря на то, что популяция обладает бо́льшими приспособительными возможностями, чем каждая особь в отдельности, при действии некоторых ядов (казалось бы малотоксичных для отдельных организмов) в ней могут возникать серьезные нарушения. По этому поводу Джилл, Верст, Христенсен (Gill, Verst, Christensen, 1970) пишут, что способность ДДЕ снижать плодовитость отдельных видов птиц может привести к тому, что его применение (относительно безвредное для отдельных особей) окажется опасным для популяции в целом. Степень нарушения половой и возрастной структур популяции зависит от ряда причин: характера химического препарата, его дозы, длительности действия и т. п.— и при прочих равных условиях различна для животных разных видов.

В популяциях теплокровных животных, подвергавшихся действию пестицидов, заметно увеличивается количество самок. Это мы наблюдали

у зайцев, населяющих Кагарлыкское охотничье хозяйство, где интенсивно применялись ядохимикаты (Алеева, Галака, Федоренко, Шевченко, 1972). Нарушение половой структуры в популяциях идет двумя путями: во-первых, самцов погибает относительно больше (самки более устойчивы к ядам), во-вторых, в популяциях, подвергавшихся действию пестицидов, рождается больше самок. Это является своеобразной защитной реакцией популяции на неблагоприятные условия. Однако она приводит к нарушению соотношения полов.

Нарушение возрастной структуры популяции выражается в основном в том, что заметно уменьшается количество молодых особей. Это обуславливается двумя причинами: 1) молодые особи более чувствительны к пестицидам, и при обработках ядохимикатами процент гибели молодняка значительно выше, чем взрослых особей (об этом свидетельствуют как литературные данные, так и результаты наших исследований); 2) как известно, под воздействием ядов уменьшается количество детенышей в приплоде, яиц в кладках птиц, молодняк чаще гибнет на ранних стадиях постэмбрионального развития и пр. Все это приводит к тому, что в популяциях на обработанных ядохимикатами участках выход молодняка на одну самку гораздо меньше, чем в популяциях, не подвергавшихся действию ядов. На обработанных ядами участках популяция состоит из большого числа старых особей, мало обновляется и, естественно, деградирует. Поэтому нарушение возрастной структуры может привести к тому, что численность популяции станет ниже того минимума, который необходим для ее существования.

Действие ядов приводит к нарушению динамики численности популяции. Часть популяции погибает в результате острого отравления животных препаратами. Некоторые авторы считают, что смертность в популяциях, подвергавшихся действию ядохимикатов, в три-четыре раза выше естественной. По данным Людвига Й. и Людвиг К. (Ludwig J., Ludwig Ch., 1969), численность популяций серебристой чайки на оз. Мичиган, где эти птицы регулярно отравляются пестицидами, сократилась с 2500 пар в 1963 г. до 850 пар в 1968 г. Мальмберг (Malmberg, 1969) пишет, что в Швеции до 1957 г. было 350 колоний грачей (10 000 гнезд), а в 1965 г.— после широкого применения ядохимикатов — осталось 150 колоний (4000 гнезд). В районе, где ядохимикаты не применялись, плотность популяции не изменилась, грачей здесь было в 20 раз больше, чем в районах применения ядохимикатов. Нами также собраны данные о гибели зверей и птиц в местах применения хлор- и фосфорорганических препаратов.

Численность популяций уменьшается и в результате отрицательного воздействия пестицидов на репродуктивную способность животных. Часть самок, подвергшихся воздействию ядов, не дает приплода вообще. Другие, как уже отмечалось, рождают значительно меньше детенышей, которые к тому же медленно растут, развиваются и часто гибнут.

Численность популяций уменьшается и в результате временных миграций животных с обработанных ядами участков. При обработке некоторыми пестицидами часть популяции птиц или млекопитающих уходит на незараженные участки, и не все особи возвращаются обратно.

Известно, что каждая популяция может нормально существовать и развиваться только при определенной ее численности. В результате же воздействия ядов численность популяции может сократиться до такого уровня, при котором восстановление численности будет невозможно и популяция погибнет. Следует заметить, что виды с высоким темпом размножения, но малой продолжительностью жизни (например, многие насекомоядные птицы) в большей степени будут страдать от хрони-

ческого отравления ядами, ведущего к снижению репродуктивной способности, а виды с большой продолжительностью жизни, но низким темпом размножения (их популяции обычно немногочисленны), например хищные птицы,— от острого отравления, поскольку через более или менее продолжительный период у них успевает восстановиться способность к нормальному размножению.

Изменения, происходящие на организменном, популяционном и других уровнях, тесно связаны между собой. Поэтому исчезновение даже отдельных особей влечет за собой нарушения в различных звеньях биогеоценозов (например, исчезновение части хищников изменит соотношение в цепи питания). Мы остановимся только на некоторых моментах, характеризующих нарушения, возникающие в биогеоценозах в результате применения пестицидов.

Во многих работах, где рассматривается влияние химических препаратов на большие естественные комплексы и говорится о резких изменениях численности животных, речь идет только о беспозвоночных, в частности об изменениях соотношения численности вредных и полезных хищных насекомых. Интересные наблюдения провел Я. В. Брицкий (1957). Оказалось, что после обработки почвы гексахлораном (350 *кг/га*) погибло 76,6% полезных насекомых (жужелицы, ктыри, мухи тахины и др.) и 23,3% вредных (щелкуны, долгоносики, хрущи и др.). Количество озимой совки (*Agrotis segetum* Schiff.) на обработанных гексахлораном участках через год увеличилось в 13,2 раза по сравнению с необработанными участками. К. А. Кудель (1962) в ряде областей УССР (Винницкая, Запорожская, Киевская) изучала численное соотношение популяций вредителей и энтомофагов в садах при обработках ДДТ. В садах, где в течение ряда лет применялся этот препарат, формировался новый комплекс вредителей: появились бурый плодовый клещ (*Bryobia redicorzevi* Reck.), яблонная медяница (*Psylla mali* Schmdbg.), яблоневая щитовка (*Lepidosaphes ulmi* L.) и др. На протяжении двух лет в совхозе «Билки» (Винницкая обл.), где проводилась многократная обработка ДДТ, численность почковой вертуньи (*Tmetocera ocellana* F.) возросла с 4,5 до 20,3 экз. на 1 *пог. м* ветви. В саду совхоза «Каменка» (Запорожская обл.) численность плодового клеща на обрабатываемых участках в восемь раз превышала таковую на необработанных участках. В обработанных садах численность энтомофагов составляла от 1 до 8 экз. на 30 *пог. м* веток, а там, где препарат не применялся,— от 8 до 41 экз. В. Ф. Палий (1957) пишет, что «как правило, коэффициент размножения вредных насекомых бывает намного выше такового полезных видов. В силу этого, даже одинаковое подавление численности этих групп дает преимущество в накоплении фитофагам, которые быстро восстанавливают свою численность» (с. 24—25). Однако полезные насекомые, по данным этого автора, более восприимчивы к ядам и гибнут в большем числе и скорее, чем вредители.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в биоценозах нарушается сложившееся равновесие, в результате гибели хищных и паразитических насекомых происходят вспышки размножения вредных, изменяется и видовой состав вредителей. Все это вызывает большие изменения трофических связей в биоценозах. По этому поводу В. Н. Старк (1954) писал: «...химические обработки препаратами ДДТ и ГХЦГ вносят существенные изменения в фауну, меняют численное соотношение отдельных компонентов таковой и их взаимоотношения, перераспределяют по территории имеющийся или остающийся запас насекомых. Все это может внести очень сильное изменение в фауну и даже обусловить перестройку биоценоза» (с. 991).

Сказанное, безусловно, касается не только фауны беспозвоночных животных. Н. А. Гладков (1965) считает, что ядохимикаты «убивают ту фауну, на которой держится обычное «равновесие» леса как биогеоценоза. И лес, в сущности говоря, перестает быть лесом, как сообщество...» (с. 13—14). Из биоценозов иногда выпадают целые популяции. А. Р. Гагинская (1969) пишет, что пестициды приводят к смене видового состава и численности всего орнитокомплекса. Перестают гнездиться серая славка, чечевица, пересмешник, зяблик и другие виды. Вурстер Ч., Вурстер Д., Стрикланд (Wurster Ch., Wurster D., Stricland, 1965), изучавшие влияние ДДТ на певчих птиц, установили, что на обработанной ДДТ территории численность дроздов уменьшается на 70%, численность гаичек, поползней, пищух, дятлов — на 2/3 по сравнению с численностью этих видов до применения ДДТ.

Как видим, нарушения происходят в различных звеньях биогеоценоза. Восстанавливается же равновесие очень медленно (если пестициды уже и не применяются). В ряде случаев численность животных восстанавливается годами и не всегда достигает прежнего уровня. Отметить это очень важно, т. к. нарушение равновесия в течение длительного времени может вызвать новые изменения (появление новых форм, исчезновение аборигенов и пр.).

Это примеры нарушений в биогеоценозах в результате острого отравления позвоночных и беспозвоночных животных. Однако хроническое отравление организмов не менее опасно, хотя оно, на первый взгляд, малозаметно и действует как скрытый фактор.

Достаточно снова напомнить об отрицательном действии пестицидов на способность животных к размножению, чтобы судить о нарушениях равновесия как в отдельных популяциях, так и в биогеоценозе. Хроническое отравление вызывает также ряд других, еще малоизученных, явлений. Так, ослабевшие (в результате действия ядов) звери и птицы более восприимчивы к заболеваниям, чаще заражаются экто- и эндопаразитами. Есть данные о действии различных химических препаратов на нервную систему, в частности на кору головного мозга. Доказано, что яды могут вызывать изменение условных рефлексов и что это происходит уже на ранних стадиях отравления наиболее распространенными фосфор- и хлорорганическими пестицидами.

Поражение нервной системы, в частности нарушение рефлекторной деятельности, у теплокровных животных влечет за собой очень большие изменения в их поведении. Это может привести к «затуханию» инстинктов. По этому вопросу в литературе почти нет данных, и только отдельные замечания исследователей наводят на мысль, что животные в таком состоянии, безусловно, не способны в полной мере противостоять воздействию различных факторов среды. Замечено, что потомство фазанов, получивших дильдрин, легче было ловить, чем контрольных. Причем проще всего было ловить тех фазанов, оба родителя которых получали этот препарат. Отмечено также, что теплокровные животные, получившие сублетальные дозы ядов, менее активно добывают корм, слабо реагируют на раздражители, чаще становятся добычей хищников. Есть сведения о том, что птицы откладывают яйца вне гнезд, не защищают своих гнезд, плохо их маскируют. Все эти отклонения от нормы в поведении животных вызываются хроническим отравлением ядохимикатами.

Наконец, несколько слов о косвенном воздействии пестицидов на теплокровных животных. Отрицательное влияние ядов на местообитания этих животных также вызывает нарушения в биогеоценозах. Известно, что многие пестициды, попадающие в прибрежную зону, уничтожают планктон — основу пищевой цепи водной экосистемы. В результате при-

менения гербицидов уничтожаются места укрытия и кормовая база многих животных. Е. Н. Мартынов (1967) изучал влияние гербицидов 2, 4 — Д и 2, 4, 5 — Т на видовой состав и численность птиц. На обрабатываемых участках, где вся растительность высохла, количество гнездящихся видов снизилось почти в два раза, а их численность — в пять.

В результате уничтожения кормовой базы гербицидами с обработанных мест уходят бобры. Это может привести к большим нарушениям. Так, в США с целью улучшения лугов в долине небольшой речки применили гербициды, которые уничтожили иву — единственный корм бобров в этих местах. Животные покинули реку, и плотины, удерживавшие воду на высоком уровне, разрушились. Река обмелела, понизился уровень грунтовых вод, и луга высохли. Практически перестал существовать целый биогеоценоз.

Интересные исследования проведены Мартином (Martin, 1970) в штате Монтана (США). В 1961 г. большая часть опытного участка общей площадью 760 *га* была обработана гербицидом 2, 4 — Д. Через три года площадь земель, занятых разнотравьем, уменьшилась с 29 до 13%, а площадь земель, занятых низкими полукустарниками,— с 18 до 3%. Учет полынных тетеревов (*Centrocercus urophasianus*) показал, что только 4% их общего количества находилось на обработанной территории, занимавшей 90% общей площади опытного участка. Разница в численности этих птиц на обработанных и необработанных участках объясняется различием в составе растительного покрова.

Таким образом, непрямое воздействие пестицидов может также вызывать очень большие нарушения в биогеоценозах. Животные попадают в худшие кормовые условия, поэтому молодые вырастают слабыми. Иногда животные вынуждены питаться даже несвойственным кормом. Временные миграции мелких теплокровных животных с обработанных участков сказываются на численности питающихся ими хищников и т. д.

Анализируя все изложенное выше, можно сказать, что частного характера нарушение равновесия в биогеоценозах (когда на каком-то участке сразу после однократной обработки гибнет часть животных, некоторые мигрируют и т. д.) продолжается не очень долго, и равновесие может через определенное время восстановиться. Гораздо опаснее нарушение общего характера. Оно вызывается хроническим отравлением организмов в результате сильного загрязнения среды их обитания и носит затяжной характер (снижение репродуктивных способностей, болезни, нарушение рефлексов и пр.). Такое нарушение охватывает большие территории, происходят глубокие изменения во всех звеньях биогеоценоза, и равновесие восстанавливается очень медленно или совсем не восстанавливается.

Следовательно, загрязнение биосферы различными ядовитыми химическими веществами, в частности пестицидами, вызывает изменения в биогеоценозах. Однако следует иметь в виду, что поскольку биосфера является системой, то, естественно, она реагирует при воздействии на ее компоненты или механизмы. Очень важно то, что биосфера (как и биогеоценозы, из которых она состоит) способна к саморегулированию, обладает определенной пластичностью и поэтому находится в состоянии динамического равновесия.

Итак, биосфера обладает резистентностью по отношению к внешним влияниям. Однако из этого не следует, что на биосферу можно влиять беспредельно. Если вызванные изменения перешагнут пределы обычных колебаний, то из сложившейся системы выпадут отдельные звенья, что может привести к коренным перестройкам или даже полному уничтоже-

нию целых биогеоценозов. Это в свою очередь сказывается на биологической продуктивности отдельных территорий и приводит ко многим нежелательным последствиям.

Нет необходимости говорить о том, что затронутые вопросы можно решать только постановкой специальных научных исследований, которые должны охватить все аспекты проблемы. Следовательно, необходимы исследования специалистов самых различных областей науки, однако особая роль возлагается на экологию, в частности на биоценологию. При всем этом нельзя забывать о том, что для подсчета биологической продуктивности Земли в первую очередь нужна инвентаризация и количественная характеристика животных организмов. Некоторые биологи, прельщаясь новыми направлениями и порой презирая классические направления в зоологии, ботанике и др., хотят без них решить «проблему № 1», т. е. проблему — человек и биосфера. По этому поводу уместно привести высказывание Н. В. Тимофеева-Ресовского (1970). Он пишет: «...важный завет от «проблемы № 1» всем, имеющим дело с наукой: не презирать зоологию, ботанику, микробиологию,— это честные и совершенно нужные людям дисциплины. Только они, эти дисциплины, через полуколичественную фаунистику и флористику дадут основу для определения общей биологической производительности Земли» (с. 6).

Планируя дальнейшие исследования, необходимо расширить работы в таких направлениях: инвентаризация флоры и фауны, определение биомассы, изучение агроценозов, изучение хозяйственной деятельности человека и разработка методов рационального использования животных, а также принципов разумного регулирования взаимоотношения между хозяйственной деятельностью и биологической продуктивностью биоценозов, изучение энергетических круговоротов, механизмов динамического равновесия, эволюции биогеоценозов и пр. Решение многих вопросов, касающихся загрязнения биосферы, требует большого внимания не только со стороны биологов и специалистов различных областей науки, но и со стороны работников многих отраслей народного хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

Алеева Л. В., Галака Б. А., Федоренко А. П., Шевченко Л. С. 1972. О влиянии ядохимикатов на размножение зайца-русака (Lepus europaeus Pall.). Вестн. зоол., № 2.

Брицкий Я. В. 1957. О полезном и вредном действии гексахлорана и ДДТ на животных. «Охрана природы в западных областях УССР (тез. докл.)», ч. 2. Львов.

Гагинская А. Р. 1969. Об изменении орнитофауны леса, обработанного арборицидом. В сб.: «Вопросы экологии и биоценологии», в. 9. Л.

Гладков Н. А. 1965. Проблемы охраны птиц. Орнитология, в. 7.

Кудель К. А. 1962. Влияние обработок органо-синтетическими инсектицидами на соотношение популяций вредителей и энтомофагов в садах. Вопр. экол., т. 8, (По мат-лам четвертой экол. конф.). К.

Мартынов Е. Н. 1967. Влияние химического ухода за лесом на лесную орнитофауну. В сб.: «Гербициды и арбоциды в лесном хозяйстве». Л.

Палий В. Ф. 1957. Об охране энтомофауны. «Охрана природы в западных областях УССР (тез. докл.)», ч. 2. Львов.

Старк В. Н. 1954. Влияние сплошных химических обработок на динамику фауны лесных насаждений. Зоол. журн., т. XXXIII, в. 5.

Тимофеев-Ресовский Н. В. 1970. Биосфера и человек. Природа, № 8.

Федоренко А. П. 1967. Отрицательное действие различных химических препаратов на полезных теплокровных. В сб.: «Ядохимикаты и фауна»., изд-во «Наука».

Федоренко А. П., Антипчук Ю. П., Рогатко И. В. 1971. Некоторые морфофизиологические и биохимические изменения у млекопитающих, вызванные действием инсектицидов в условиях эксперимента. Вестн. зоол., № 6.

Шипунов Ф. Я. 1971. Настоящее и будущее ландшафтной биосферы. Природа, № 5.
Gill J., Verst B., Christensen A. 1970. Toxicities of DDE and some other analogs of DDT to phesants. Wildlife Manag, v. 34, № 1.
Ludwig J., Ludwig Ch. 1969. The effect of starvation on inseticide contaminated herring gulls removed a Lake Michigan colony. «Proc. 12 th Conf. Sr. Lakes Res., Ann. Arbor, Mich. 1969». Ann Arbor, Mich.
Malmberg T. 1969. Rakorna och människan. Sver natur, v. 60, № 4.
Martin N. S. 1970. Sagebrush control related to habitat and sage greuse occurence. Wildlife Manag, v. 34, № 2.
Wurster Ch., Wurster D., Stricland W. 1965. Bird mortality after spraying for Dutch elm discase with DDT. Science, v. 148, № 3666.